

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>. G05D3/12, G05B11/36

[illegible]

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>. G05D3/12, G05B11/32, G05B11/36, G05D3/12

[illegible]

2: target speed pattern storage part, 3: target speed reading-out part, a: manipulated variable, b: position, c: speed, d: deviation, e: feed forward manipulated variable

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>. G05D7/00

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-274040

(43)公開日 平成5年(1993)10月22日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 5 D 3/12

識別記号

室内整理番号

F I

### 技術表示箇所

3 0 3 A 9179-3H

W 9179-3H

3 0 5 L 9179-3H

3 0 6 S 9179-3H

G 0 5 B 11/36

D 7740-3H

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 6 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平4-100332

(22)出願日

平成4年(1992)3月27日

(71)出願人 000001960

シチズン時計株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目1番1号

(72)発明者 中尾 康孝

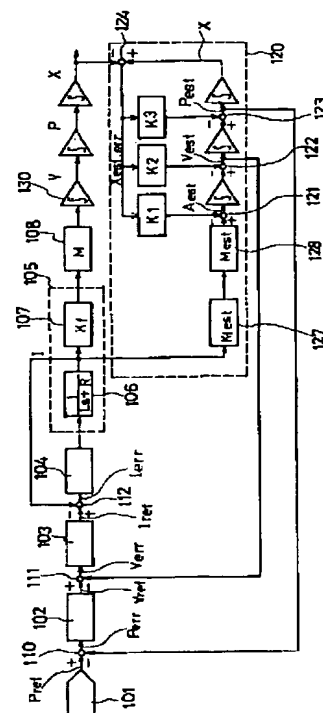
埼玉県所沢市大字下富字武野840番地 シ  
チズン時計株式会社技術研究所内

(54)【発明の名称】 デジタル制御方式

(57) 【要約】

【目的】位置決め制御装置において、低速度領域においても円滑な位置決め動作を行なうこと。

【構成】状態観測器を用いて速度、位置のフィードバック信号を生成するデジタル制御方式であって、状態観測器は位置検出値の積分値と位置推定値の積分値を算出して比較し、その誤差信号で状態観測器内の状態変数を修正し、それによって求めた速度、位置の値をフィードバックする制御方式。



## 【特許請求の範囲】

制御対象を駆動するアクチュエータと、前記アクチュエータの位置検出のためのエンコーダと、該エンコーダの出力パルスの計数値と外部から与えられる位置指令とに基づいて、制御演算を行なう手段と、被制御量であるエンコーダの出力パルスの計数値の関数、制御演算により求められる操作量、あるいは検出されるアクチュエータ内部の状態変数によって、速度、位置を推定する状態観測器を備えた位置決め制御装置において、状態観測器は位置検出値の積分値と位置推定値の積分値とを算出して比較し、その誤差信号で該状態観測器内の状態変数を修正することを特徴とするデジタル制御方式。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、モータ等の位置決め制御装置に係り、離散的なデータを出力するエンコーダを位置検出器として用い、この様な離散的なデータをマイクロプロセッサで演算制御するデジタル制御方式を備えた位置決め制御装置において、特に状態観測器により速度、位置等の状態変数を推定し、これらの推定された信号をフィードバックすることによって円滑動作をおこなう制御方式に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般の位置決め制御装置は、簡単には位置指令値と、アクチュエータに取り付けられたエンコーダの出力パルスを計数して得られる位置検出値とから、位置偏差を演算し、この位置偏差に比例したアクチュエータの速度指令値に基づいて位置決めを行うものである。

【0003】図3は従来の位置決め制御装置の構成の一例を示すブロック図である。図3において、305はモータを示し、内部の306は応答特性、307は力定数であり、また式中の $s$ は微分演算子である。308はモータが駆動すべき負荷重量を示している。位置信号としてエンコーダの出力パルスの計数値が用いられている。また321は微分器である。以下、図に基づいて動作を簡単に説明する。まず、外部より位置指令入力部301に入力される位置指令値 $P_{ref}$ と位置検出値 $P$ の差が、比較部310で計算されて位置偏差 $P_{err}$ が求められる。位置コントローラ302は、位置偏差を入力として速度指令 $V_{ref}$ を生成する。微分器321において位置検出値 $P$ の時間差分が求められる。これを速度 $V_{est}$ として前記速度指令との差を比較部311で計算し、速度偏差 $V_{err}$ を求める。速度コントローラ303は、速度偏差 $V_{err}$ を入力として電流指令 $I_{ref}$ を生成する。比較部312では、検出電流 $I$ と電流指令 $I_{ref}$ の差が計算され、電流偏差 $I_{err}$ が求められる。この電流偏差信号 $I_{err}$ に基づき、電流コントローラ304でモータ305が所望のトルクを出力するように制御され、最終的

には位置偏差 $P$ が0になるように制御される。

【0004】図4は従来の位置決め制御装置の別の構成の一例で、状態観測器420を備えたものを示すブロック図である。図において、405はモータを示し、内部の406は応答特性、407は力定数である。408はモータが駆動すべき負荷重量を示している。また、427、428はそれぞれ力定数の推定値、負荷重量の推定値を表わす。以下前述したように、図に基づいて動作を簡単に説明する。まず、外部より位置指令入力部401に入力される位置指令値 $P_{ref}$ と位置検出値 $P$ の差が、比較部410で算出されて位置偏差 $P_{err}$ が求められる。位置コントローラ402は、位置偏差を入力として速度指令 $V_{ref}$ を生成する。状態観測器420によって推定された速度 $V_{est}$ と前記速度指令 $V_{ref}$ との差が、比較部411で計算されて速度偏差 $V_{err}$ が求められる。速度コントローラ403は、速度偏差 $V_{err}$ を入力として電流指令 $I_{ref}$ を生成する。比較部412では検出電流 $I$ と前記電流指令 $I_{ref}$ の差が計算され、電流偏差 $I_{err}$ が求められる。この電流偏差信号 $I_{err}$ に基づき、電流コントローラ404でモータが所望のトルクを出力するように制御され、最終的には位置偏差 $P$ が0になるように制御される。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】前述した図3に代表される制御方式と図4に代表される制御方式では、速度推定の方法が異なり、速度フィードバック信号に注目してみると、図3で示される制御系では、図4で示される制御系に比べて量子化誤差の割合が大きくなる。そのため速度制御系、すなわち302、402以降の速度制御系の段階では、状態観測器を用いて速度を推定した制御系の方がより滑らかに動作する。

【0006】これについて説明すると、図3によって代表されるような、位置検出値の時間差分を速度としてフィードバックする制御方法においては、特にエンコーダの出力パルスが長時間得られないような低速度領域では、エンコーダの分解能とサンプリング周期によって決まる量子化誤差が、フィードバック信号 $V_{est}$ に発生してしまうため、量子化誤差の程度によっては、滑らかに制御できない場合がある。図3の微分器321の後段に信号平滑化用のローパスフィルタを付加することによって、量子化誤差の影響を軽減することもできるが、一方で制御系の応答を劣化させるという欠点を持っている。これに対して、図4に代表される状態観測器を用いた制御方式では、エンコーダの出力パルスが長時間得られないような低速度領域においても、検出電流 $I$ から演算される速度推定値により滑らかな制御が行われる。

【0007】一般の位置決め制御装置においては、位置信号をもフィードバックして位置制御系を構成し、外部からの入力位置指令信号によって加減速動作を制御する方法が採用される。この方法では、図3と図4の構成の

いずれにおいても、位置フィードバック信号にエンコーダの分解能によって決まる量子化誤差が含まれてくる。

【0008】また、図4によって代表されるような、マイクロプロセッサ等を用いて状態観測器を構成し、速度を推定する方法においては、検出器に何らかの定常的な検出誤差が含まれている場合には、速度の推定値は用いることができても位置の推定値は用いることができない。従って位置フィードバックを行う場合は、実際の位\*

$$V_{est} = (\varepsilon / s) \cdot [s / \{s(s + K_2) + K_1\}] \times (K_{fest} / M_{est})$$

となり、 $V_{est}$  の定常値は最終値の定理を用いて

$$\lim_{s \rightarrow 0} (s \cdot V_{est}) = 0$$

$s \rightarrow 0$

※

$$P_{est} = (\varepsilon / s) \cdot [1 / \{s(s + K_2) + K_1\}] \times (K_{fest} / M_{est})$$

となり、 $P_{est}$  の定常値は同様にして

$$\lim_{s \rightarrow 0} (s \cdot P_{est}) = (\varepsilon \cdot K_{fest}) / (K_1 \cdot M_{est})$$

となり、 $P_{est}$  には定常的に  $(\varepsilon \cdot K_{fest}) / (K_1 \cdot M_{est})$  の誤差が存在するようになることから理解でき

【0009】

【課題を解決するための手段】位置推定値を用いるための状態観測器を、図1に示す様に、位置の積分値と推定★

$$V_{est} = (\varepsilon / s) \cdot [s^2 / \{s(s(s + K_3) + K_2) + K_1\}] \times (K_{fest} / M_{est})$$

となり、最終値の定理を用いれば  $V_{est}$  の定常値は

$$\lim_{s \rightarrow 0} (s \cdot V_{est}) = 0$$

$s \rightarrow 0$

☆

$$P_{est} = (\varepsilon / s) \cdot [s / \{s(s(s + K_3) + K_2) + K_1\}] \times (K_{fest} / M_{est})$$

となり、その定常値は同様にして

$$\lim_{s \rightarrow 0} (s \cdot P_{est}) = 0$$

$s \rightarrow 0$

◆

$$X_{est} = (\varepsilon / s) \cdot [1 / \{s(s(s + K_3) + K_2) + K_1\}] \times (K_{fest} / M_{est})$$

となり、その定常値は同様にして

$$\lim_{s \rightarrow 0} (s \cdot X_{est}) = (\varepsilon \cdot K_{fest}) / (K_1 \cdot M_{est})$$

$X_{est}$  には定常的に  $(\varepsilon \cdot K_{fest}) / (K_1 \cdot M_{est})$  の誤差が生じるが、 $V_{est}$  と  $P_{est}$  には検出誤差の影響が現れないことになる。

【0010】

【作用】位置の推定値  $P_{est}$  を位置信号としてフィードバックすることによって、実際のエンコーダ分解能以下の値をフィードバックすることになり、量子化の影響を小さくすることができる。従って、従来の制御系より滑らかな制御を行うことができる。

【0011】

【実施例】以下本発明の実施例について図面を参照しな

\*置検出値をフィードバックするより他に方法がなく、エンコーダの分解能で決まる量子化誤差が位置フィードバック信号に含まれる程度によっては、やはり低速度領域で滑らかに制御できない場合がある。位置の推定値を用いることができない主な理由は、例えば図5に見るように、状態観測器420の入力である検出電流  $I$  に検出誤差  $\varepsilon$  が生じた場合、速度推定値  $V_{est}$  は

※となり、 $V_{est}$  は定常的には真の値に漸近することになるが、位置推定値  $P_{est}$  は

★位置の積分値の差を用いて、推定加速度、推定速度、推定位置を修正するよう構成することによって、 $P_{est}$  が定常的な誤差を含まないようにすることができる。このことは前述と同様の手法を用いて、以下のように示される。すなわち検出誤差  $\varepsilon$  が生じた場合、速度推定値  $V_{est}$  は

☆従って  $V_{est}$  は定常的には真の値に漸近することになる。また、位置推定値  $P_{est}$  は

◆従って  $P_{est}$  も定常的には真の値に漸近することになる。また、移動距離の推定値  $X_{est}$  は

40 がら説明する。図1は本発明の位置決め制御装置における制御系のブロック図を示したものである。101は位置指令入力部、105はモータ、108はモータ105により駆動される負荷、120は状態観測器である。また図2は本発明の実現手段としてソフトウェアによる方法を用いた場合のフローチャートを示したものである。以下、フローチャートに従って動作を説明する。まず、一定周期ごとに入力位置指令値  $P_{ref}$  と位置検出値  $P$  を取り込み(処理201、202)、移動距離  $X$  を処理203の式に従って計算する。次に、推定移動距離誤差  $X_{est, err}$  を処理204の式に従って計算する。この推定

10

2

【発明の効果】位置検出値とその時間差分を速度としてフィードバックする制御系よりも、さらにきめ細かい単位の信号で演算を行うため、滑らかな位置決め動作を行うことができる。

【図１】本発明の位置決め制御方式のブロック図である。

【図２】本発明の位置決め制御方式を示すフローチャートである。

【図3】従来の位置決め制御方式の一例を示すブロック図である。

【図4】従来の位置決め制御方式の他の例を示すブロック図である。

【図5】図4の位置決め制御方式に誤差入力がある場合を示す図である。

【符号の説明】

102、302、402	位置コントローラ
103、303、403	速度コントローラ
104、304、404	電流コントローラ
105、305、405	モータ
108、308、408	負荷
120、420	状態観測器

102、302、402 位置コントローラ

103、303、403 速度コントローラ

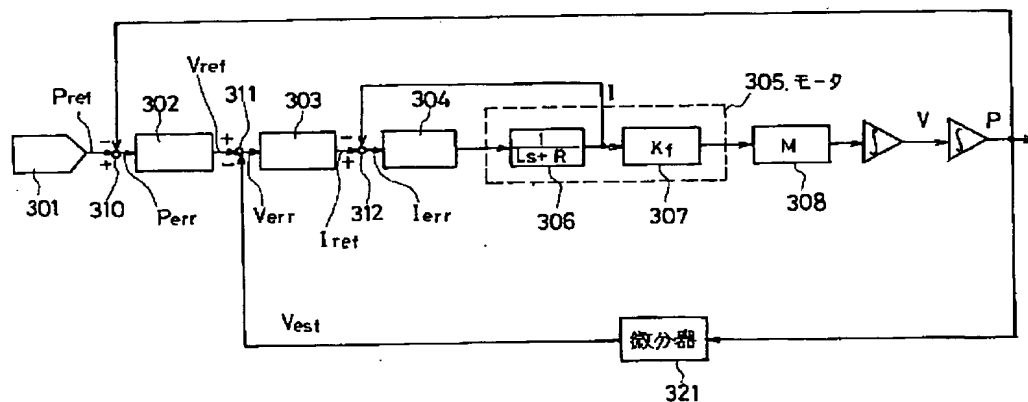
104、304、404 電流コントローラ

105、305、405 モータ

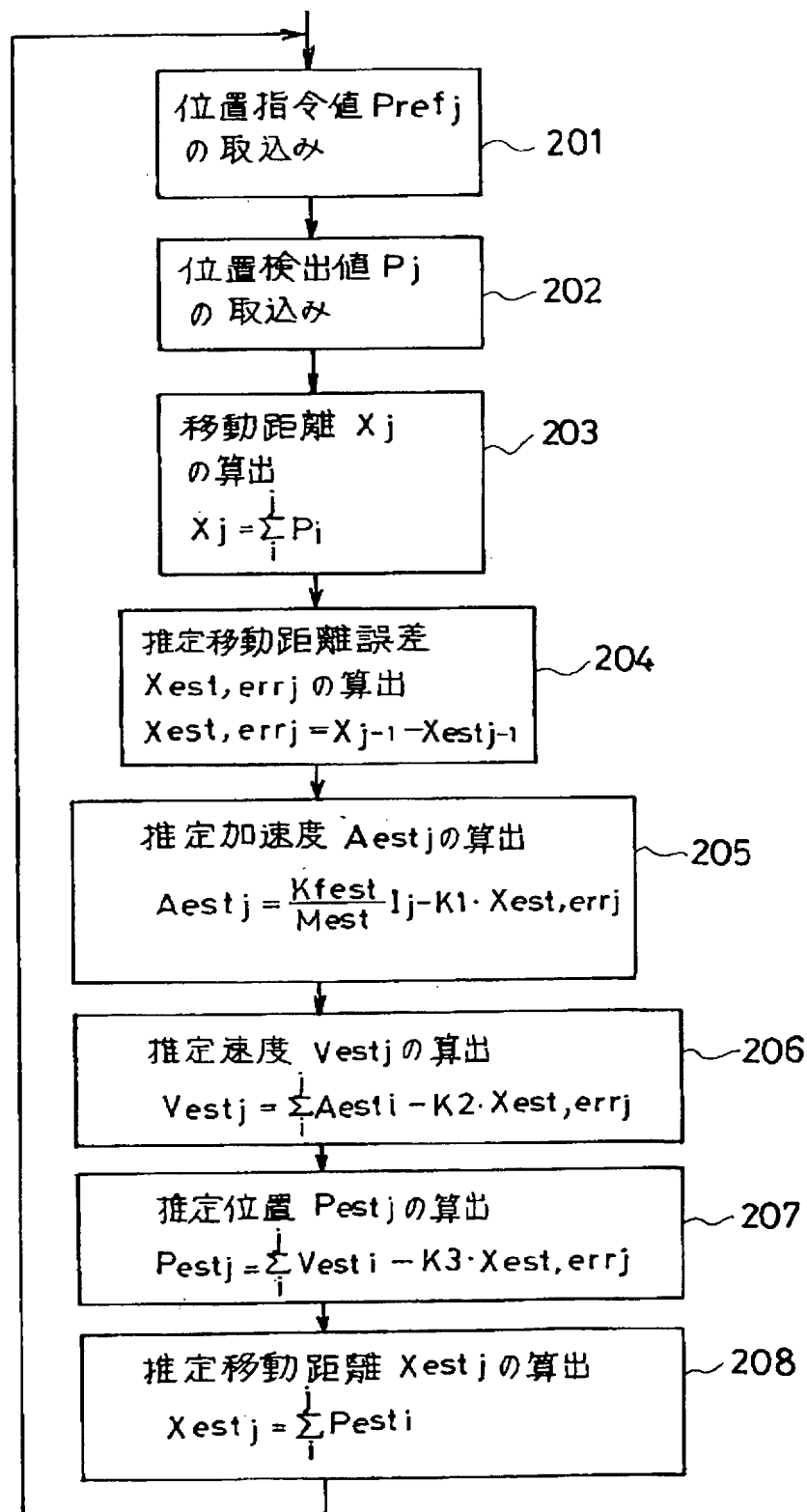
108、308、408 負荷

120、420 狀態觀測器

【圖 1】



【図 2】



The diagram shows a control system with the following components and connections:

- Reference Input:** A dashed box 405 labeled  $\epsilon - \rho$  contains a block  $\frac{1}{L_s + R}$  (406). The output of this block is signal **I**.
- Forward Path:** Signal **I** passes through block  $K_f$  (407) and block  $M$  (408) to a summing junction.
- Feedback Path:** The output of the forward path is signal **V**, which passes through a block  $S$  to produce signal **P**. Signal **P** is fed back to a summing junction (421) and also passes through another block  $S$  to produce signal **Pest**.
- Feedforward Path:** A dashed box 420 contains a summing junction (422) where signal **Pest** is added to a signal from block  $K_2$  (423). The output of this junction passes through a block  $S$  to produce signal **Vest**. Signal **Vest** is then added to signal **I** at summing junction (421).
- Control Path:** The output of summing junction (421) is signal **E**, which passes through block  $K_{rest}$  (427) and block  $M_{rest}$  (428) to be added to the output of block  $M$  (408) at summing junction (421).
- Disturbance Path:** Signal **Pest** also passes through block  $K_1$  (424) and is added to the output of block  $M_{rest}$  (428) at summing junction (421).

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>

識別記号 庁内整理番号

### 技術表示箇所

503 A 7740-3H

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**